

524,512

10/524512

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. März 2005 (03.03.2005)

PCT

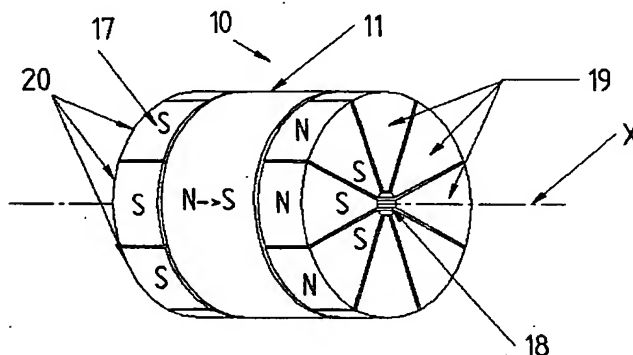
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/019914 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G02F 1/09 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): LINOS PHOTONICS GMBH & CO. KG [DE/DE]; Königsallee 23, 37081 Göttingen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004232 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 21. April 2004 (21.04.2004) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FEHN, Thomas [DE/DE]; Linos Photonics gmbh & Co. KG, Robert-Koch-Strasse 1a, 82152 Planegg (DE). POGGEL, Sven [DE/DE]; Linos Photonics gmbh & Co. KG, Robert-Koch Strasse 1a, 82152 Planegg (DE). BALLE, Stefan [DE/DE]; Linos Photonics gmbh & Co. KG, Robert-Koch-Strasse 1a, 82152 Planegg (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 103 33 570.6 23. Juli 2003 (23.07.2003) DE (74) Anwalt: SÄGER, Manfred; Visut 93, Postfach 63, CH-7014 Trin (CH).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FARADAY ROTATOR

(54) Bezeichnung: FARADAYROTATOR



(57) Abstract: The invention relates to a Faraday rotator for a Faraday isolator (10), comprising an entrance polarizer, an exit polarizer, and an interposed cylindrical optical crystal (13) that is arranged symmetrically to the axis of symmetry (x). The rotator further comprises an upright hollow cylinder (11) produced from an axially magnetized permanent-magnetic material, which encloses the crystal. The magnetic field of said material extends in a hollow space (12) parallel to the axis of symmetry that extends in only one direction from the north pole to the south pole. One terminal magnet (16, 17) each follows the two front faces (14) in the plane defined by the y and z direction which is perpendicular to the axis of symmetry. Said terminal magnet is configured as a hollow, upright cylinder and has a through-opening (18) in the prolongation of the axis of symmetry. The Faraday rotator according to the invention is characterized in that every terminal magnet is, at least in some sections, magnetized in a substantially radial manner with respect to the axis of symmetry. One of the two terminal magnets is radially magnetized from the inside to the outside and the other terminal magnet is radially magnetized from the outside to the inside. The hollow cylinder, with its north pole, adjoins the terminal magnet which is magnetized from the inside to the outside, and with its south pole it adjoins the terminal magnet which is magnetized from the outside to the inside.

(57) Zusammenfassung: Ein Faradayrotator für einen Faradayisolator (10) mit einem Eintrittspolarisator, mit einem Austrittspolarisator, mit einem dazwischen angeordneten, walzenförmigen, zu dessen Symmetrieachse (x) symmetrisch angeordneten optischen Kristall (13), mit einem diesen umgebenden, senkrechten hohlen Zylinder (11) aus einem permanentmagnetischen Werkstoff, der axial magnetisiert ist und dessen Magnetfeld sich in dem hohlen Raum (12) parallel zu der in nur einer Richtung vom Nordpol zum Südpol verlaufenden Symmetrieachse

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/019914 A1



(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

erstreckt, und mit je einem sich an die beiden Stirnflächen (14) in der von den zu der Symmetrieachse Senkrechten y- und z-Richtung aufgespannten Ebene anschliessenden Abschlussmagnet (16, 17), der als hohler, senkrechter Zylinder ausgebildet ist und in Verlängerung der Symmetrieachse eine Durchlassöffnung (18) aufweist, ist dadurch gekennzeichnet, dass jeder Abschlussmagnet zumindest bereichsweise im wesentlichen bezüglich der Symmetrieachse radial magnetisiert ist, dass der eine der beiden Abschlussmagnete radial von innen nach aussen und der andere Abschlussmagnet radial von aussen nach innen gerichtet magnetisiert ist und dass der hohle Zylinder mit seinem Nordpol an den von innen nach aussen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet und mit seinem Südpol an den von aussen nach innen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet angrenzt.

---

## F A R A D A Y R O T A T O R

---

Die Erfindung betrifft einen Faradayrotator für einen Faradayisolator gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs, nämlich einen solchen Faradayisolator mit einem Eintrittspolarisator, mit einem Austrittspolarisator, mit einem dazwischen angeordneten, walzenförmigen, zu dessen Symmetrieachse symmetrisch angeordneten optischen Kristall, mit einem diesen umgebenden, senkrechten hohlen Zylinder aus einem permanentmagnetischen Werkstoff, der axial magnetisiert ist und dessen Magnetfeld sich in dem hohlen Raum etwa parallel zu der in nur einer Richtung vom Nordpol zum Südpol verlaufenden Symmetrieachse erstreckt, und mit je einem sich an die beiden Stirnflächen in der von den zu der Symmetrieachse Senkrechten y- und z-Richtung aufgespannten Ebene anschließenden Abschlussmagnet, der als hohler, senkrechter Zylinder ausgebildet ist und in Verlängerung der Symmetrieachse eine Durchlassöffnung aufweist.

Faradayisolatoren, auch optischer Isolator genannt, besitzen die Aufgabe, einen Laserstrahl in nur einer Richtung passieren zu lassen. Hierzu weist er einen optischen Rotator auf, auch Faradayrotator genannt,

an dessen Ein- und Ausgang jeweils ein Polarisator montiert ist, deren Polarisationsrichtung zueinander einen halben rechten Winkel bilden. Der Faradayrotator besteht im allgemeinen aus einem walzenförmigen Kristall aus einem magnetooptischen Material (zum Beispiel TGG). Der Kristall ist von einem hohlen senkrechten Zylinder aus einem permanentmagnetischen Werkstoff umgeben, welcher ein längs der Symmetrieachse des Kristalls verlaufendes Magnetfeld erzeugt. Der Faradayeffekt besteht darin, dass die Polarisationsrichtung des eintretenden Laserstrahls beim Durchgang durch den Kristall um einen bestimmten Winkel gedreht wird. Dabei ist der Drehsinn der Verdrehung der Polarisationsrichtung unabhängig von der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls. Der Betrag des Drehwinkels hängt von einer für das Material des optischen Kristalls charakteristischen Konstanten ab. Diese ihrerseits ist eine Funktion der Wellenlänge des Laserstrahls. Der Verdrehwinkel der Polarisationsrichtung wird hierbei im Betrieb so eingestellt, dass er etwa  $45^\circ$  einnimmt. Um diesen Winkel ist auch der Ausgangspolarisator verdreht angeordnet, der mithin die maximale Strahlenintensität transmittiert. Ein gegen die Ausbreitungsrichtung laufender Strahl passiert den Ausgangspolarisator und wird von dem Faradayrotator wiederum um  $45^\circ$  (in die gleiche Richtung), also insgesamt um einen rechten Winkel gedreht, so dass an dem Eingangspolarisator für den rücklaufenden Laserstrahl eine hohe Auslöschung, auch Extinktion genannt, bewirkt wird. Um diese weiter zu einer höheren Extinktion zu steigern, werden sogenannte zwei- oder auch sogar mehrstufige Faradayisolatoren verwendet, bei denen die Extinktion weiter verbessert wird.

Ein solcher gattungsgemäßer Faradayisolator gemäß dem Oberbegriff ist an sich bekannt. Der walzenförmige magnetooptische Kristall ist von einem im Querschnitt kreisringförmigen, senkrechten hohlen Zylinder aus permanentmagnetischem Material umgeben, der magnetisch in axialer Richtung polarisiert ist. An die beiden Deckflächen dieses hohlen Zylinders können sich -beiderseits- je ein Abschlussmagnet in Form eines senkrechten, im Querschnitt kreisringförmigen Hohlzylinders anschließen, die beide parallel zur Symmetrieachse des magnetooptischen Kristalls, also auch in axialer Richtung magnetisiert sind, wie der den Kristall umgebende hohle Zylinder. Außerdem sind die beiden Abschlussmagnete axial in gleicher Richtung zueinander und bezüglich des hohlen Zylinders als Zentralmagnet entgegengesetzt magnetisiert.

Ein solcher allgemein bekannter Faradayisolator hat sich bewährt. Um die notwendigen magnetischen Feldstärken im magnetooptischen Kristall zu erreichen, ist allerdings eine kompaktere Bauweise nicht möglich.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Faradayisolator gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs bei guter Homogenität der magnetischen Feldstärke kompakter auszugestalten.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Faradayisolator gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs erfindungsgemäß durch dessen kennzeichnende Merkmale nämlich dadurch gelöst, dass jeder Abschlussmagnet zumindest bereichsweise im wesentlichen bezüglich der Symmetrieachse radial

magnetisiert ist, dass der eine der beiden Abschlussmagnete radial von innen nach außen und der andere Abschlussmagnet radial von außen nach innen gerichtet magnetisiert ist und dass der hohle Zylinder mit seinem Nordpol an den von innen nach außen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet und mit seinem Südpol an den von außen nach innen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet angrenzt.

Bei dem erfindungsgemäßen Prinzip ist also der in axialer Richtung parallel zur Symmetrieachse magnetisierte -mittlere- Zylinder wichtig. Dessen magnetische Feldstärken werden in dem hohlen Raum des Zylinders (also im Bereich des Kristalls) durch die beiden Abschlussmagnete im Bereich der Berührungsstelle zu dem -mittleren- Zylinder so verstärkt, dass sich über die axiale Länge des Kristalls eine höhere magnetische Feldstärke ergibt.

Dieses erfindungsgemäße Prinzip weist den Vorteil auf, dass man bei gleicher Effizienz eine sowohl in axialer als auch radialer Richtung erheblich kleinere Bauform für den Faradayrotator vorsehen kann, so dass sich insgesamt für den Faradayisolator gemäß der Erfindung eine kompakte Bauform ergibt. Um diese weiter zu einer maximalen Extinktion zu steigern, bei der die noch vorhandene letzte Transmission unter vernachlässigbare Werte gedrückt wird, kann die Erfindung auch bei den zwei- oder mehrstufigen Faradayisolatoren Einsatz finden.

Die beiden Abschlussmagnete können entweder als einstückige senkrechte, im Querschnitt kreisförmige Hohlzylinder mit einem bezüglich der Symmetrieachse ideal radial ausgerichteten Magnetfeld ausgestattet sein; oder aus im Querschnitt im wesentlichen

kreissektorförmigen einzelnen Teilen nach Art von Tortenstücken bestehen, in denen eine einheitliche Ausrichtung des Magnetfeldes in eine Richtung, und zwar parallel zu der -durch die Symmetrieachse des Kristalls hindurchgehende- Symmetrieebene des tortenstückförmigen Teils vorherrscht.. Eine solche Ausbildung würde man dann erhalten, wenn man das tortenstückförmige Teil aus einem quaderförmigen Permanentmagnet mit einheitlichem Magnetfeld herauschneidet.

Es ist zwar bekannt, bei Faradayisolatoren näherungsweise radial magnetisierte Magnete einzusetzen (US-A 5,528,415). Abgesehen davon, dass diese aus vier strahlensymmetrischen, im Querschnitt trapezförmigen Teilen bestehende Magnete unter Freilassung eines im Querschnitt quadratischen Durchlasses, also im Gegensatz zur Erfindung den walzenförmigen Kristall nicht symmetrisch erfassen, fehlt ein mittiger Zylinder des Permanentmagneten bei dieser bekannten Ausführungsform, der aber für die Erfindung wegen des Überlagerungseffektes an der Berührungsstelle wichtig ist. Außerdem sind die beiden radial magnetisierbaren Magnete in Axialrichtung beabstandet voneinander angeordnet, so dass infolge dessen nur ein schwacher Überlagerungseffekt im Nachbarschaftsbereich der beiden Magnete zum Tragen kommen kann. In zweckmäßiger Ausführungsform sind die zumindest bereichsweise im wesentlichen radial magnetisierten Abschlussmagnete so magnetisiert, dass sie auch noch eine Komponente in Richtung der Symmetrieachse des Kristalls besitzen. Hierdurch bedingt ergibt sich eine weitere Steigerung der Stärke des Magnetfeldes im hohlen Bereich des Zylinders im Vergleich zu dem gattungsgemäßen Stand der Technik.

Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigt:

Figur 1 den Faradayrotator gemäß der Erfindung in perspektivischer Darstellung;

Figur 2 den Faradayrotator gemäß Figur 1, in schematischer Stirnansicht;

Figur 3 eine Ansicht III-III gemäß Figur 2;

Figur 4 einen Schnitt IV-IV gemäß Figur 3;

Figur 5 einen Schnitt V-V gemäß Figur 4;

Figur 6 die Einzelheit VI gemäß Figur 2;

Figur 7a den Schnitt VII-VII gemäß Figur 6, als erste Ausführungsform und

Figur 7b den Schnitt VII-VII gemäß Figur 6 in zweiter Ausführungsform.

Der insgesamt mit 10 bezeichnete Faradayisolator in Figur 1 ist bezüglich seiner Symmetrieachse (x) symmetrisch aufgebaut. Er weist einen senkrechten, im Querschnitt kreisringförmigen -mittleren- Zylinder 11 auf (Fig. 1a), in dessen zylinderförmigen Hohlraum 12 der insgesamt mit 13 bezeichnete magnetooptische Kristall angeordnet ist (Fig. 1b). Der Kristall kann



in axialer Richtung sich über die gesamte axiale Länge des Zylinders 11 bis zu den beiden Stirnflächen 14 erstrecken, die in den beiden, zur Symmetrieachse  $x$  senkrechten, durch die  $y$ - sowie  $z$ -Achse aufgespannten Ebene liegen. Der Zylinder 11 besteht aus einem permanentmagnetischen Werkstoff und ist mit seinem Magnetfeld  $B$  parallel zur Symmetrieachse  $x$  ausgerichtet. (Figur 1b).

An die beiden Stirnflächen 14 schließen sich, wie aus Figur 1a ersichtlich, die beiden Abschlussmagnete 16 und 17 an, die beide ebenfalls wie der Zylinder 11 als hohle, senkrechte, im Querschnitt kreisringförmige Zylinder ausgebildet sind und in Verlängerung der Symmetrieachse  $x$  eine Durchlassöffnung 18 (siehe auch Figur 2) aufweisen.

Der hohle Zylinder 11 als Permanentmagnet ist in den Figuren 4 und 5 näher dargestellt. Deutlich ersichtlich ist die parallel zur Symmetrieachse  $x$  ausgerichtete magnetische Feldstärke  $B$ , deren Nordpol  $N$  sich auf der einen Stirnseite 14 und deren Südpol  $S$  sich auf der gegenüberliegenden Stirnseite befindet.

Jeder der beiden Abschlussmagnete 16, 17 ist beim wiedergegebenen Ausführungsbeispiel nicht einstückig und exakt radial magnetisiert ausgebildet, sondern besteht aus acht tortenstückähnlichen bezüglich der Symmetrieachse  $x$  im wesentlichen radial magnetisierten, strahlensymmetrischen Teilen 19 bzw. 20. Ein solches Teil 19 (Fig. 2) ist in Figur 6 näher und im größeren Maßstab dargestellt. Die Symmetrieachse  $x$  steht hierbei senkrecht zur Zeichenebene, die im Schnitt den bis auf die Durchlassöffnung 18 im wesentlichen kreissektorförmigen Teil in der  $y$ - $z$ -Ebene zeigt.

In dem Schnitt VII-VII sind in den zugehörigen Figuren 7a und 7b zwei verschiedene Ausführungsformen gezeigt. Bei der Ausführungsform gemäß Figur 7a ist das magnetische Feld ohne eine Komponente in Richtung der Symmetrieachse x, also nur in der y-z-Ebene ausgerichtet. Bereits diese Ausführungsform besitzt ein gegenüber dem gattungsgemäßen Stand der Technik stärkeres Magnetfeld im Bereich des Kristalles 13.

Wenn darüberhinaus das gesamte Magnetfeld B noch einen von  $90^\circ$  abweichenden Winkel mit der Symmetrieachse x bildet, so ergeben sich noch bessere Ergebnisse als bei der Ausführungsform gemäß Figur 7a, (die aber durch einen erhöhten Fertigungsaufwand erzielt werden). Innerhalb eines Teiles 19 bzw. 20 ist die Ausrichtung des magnetischen Feldes B parallel zueinander und, in der Schnittebene VII-VII gemäß Figur 6 ausgerichtet, die die Spiegelsymmetrieebene für das in Figur 6 gezeigte Teil 19 des Abschlussmagneten 16 bildet.

Wichtig ist nunmehr die Anordnung und Polarisierung der Abschlussmagnete zu dem axial magnetisierten Zylinder 11.

Zunächst ist, wie mit Bezug auf die Figuren 6 und 7 schon dargelegt, jedes Teil 19 oder 20 der Abschlussmagnete 16 bzw. 17 etwa radial magnetisiert. Außerdem ist der eine Abschlussmagnet 17 dann von innen nach außen (also mit im äußeren Teilmantelbereich liegenden Südpol S) magnetisiert, wohingegen der andere Abschlussmagnet 16 von außen nach innen, also im außenliegenden Teilmantelbereich liegenden Nordpol polarisiert, wie schematisch in den Figuren 2 und 3 dargestellt.

Schließlich muss nach Lehre der Erfindung der hohle Zylinder 11 mit seinem Nordpol N an den von innen nach außen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet 17 und mit seinem Südpol S an den von außen nach innen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet 16 angrenzen, wie es in den Figuren 2 und 3 gezeigt ist. Nur dann werden die erfindungsgemäßen Ergebnisse erzielt.

---

P A T E N T A N S P R Ü C H E

---

1. Faradayrotator für einen Faradayisolator mit einem Eintrittspolarisator, mit einem Austrittspolarisator, mit einem dazwischen angeordneten, walzenförmigen, zu seiner Symmetrieachse (x) symmetrisch angeordneten optischen Kristall (13), mit einem diesen umgebenden, senkrechten Zylinder (11) mit einem hohlen Raum aus einem permanentmagnetischen Werkstoff, welcher Zylinder axial magnetisiert ist und dessen Magnetfeld (B) sich in dem hohlen Raum (12) etwa parallel zu der in nur einer Richtung vom Nordpol (N) zum Südpol (S) verlaufenden Symmetrieachse (x) erstreckt, und mit je einem sich an die beiden Stirnflächen (14) in der von den zu der Symmetrieachse (x) Senkrechten y- und z-Richtung aufgespannten Ebene anschließenden Abschlussmagnet (16, 17), von denen jeder als hohler, senkrechter Zylinder ausgebildet ist und in Verlängerung der Symmetrieachse (x) eine Durchlassöffnung (18) aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass jeder Abschlussmagnet (16, 17) zumindest bereichsweise im wesentlichen bezüglich der Symmetrieachse (x) radial magnetisiert ist, dass der eine der beiden Abschlussmagnete (16) radial von innen (N) nach außen (S) und der andere

Abschlussmagnet (17) radial von außen (N) nach innen (S) gerichtet magnetisiert ist und dass der hohle Zylinder (11) mit seinem Nordpol (N) an den von innen nach außen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet (17) und mit seinem Südpol (S) an den von außen nach innen gerichtet magnetisierten Abschlussmagnet (16) angrenzt (Fig. 3).

2. Faradayrotator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Abschlussmagnet (16, 17) aus zwei oder mehr bezüglich der Symmetrieachse (x) zumindest bereichsweise im wesentlichen radial magnetisierten, strahlensymmetrischen Teilen (19 bzw. 20) besteht.

3. Faradayrotator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Teile (19, 20) des Abschlussmagneten (16, 17) zusammen einen senkrechten kreisförmigen Hohlzylinder bilden.

4. Faradayrotator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Teile (19, 20) im Schnitt längs der y-z-Achse im wesentlichen kreissektorförmig mit einem großen Radius und mit einem inneren fehlenden Bereich, z.B. in Form eines Kreissektors kleineren Durchmessers zur Bildung der Durchlassöffnung (18) ausgebildet sind (Fig. 6).

5. Faradayrotator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Teile (19, 20) der im wesentlichen radial magnetisierten Abschlussmagnete (16 bzw. 17) auch noch eine

Komponente in Richtung der Symmetrieachse (x)  
besitzen (Figur 7b).

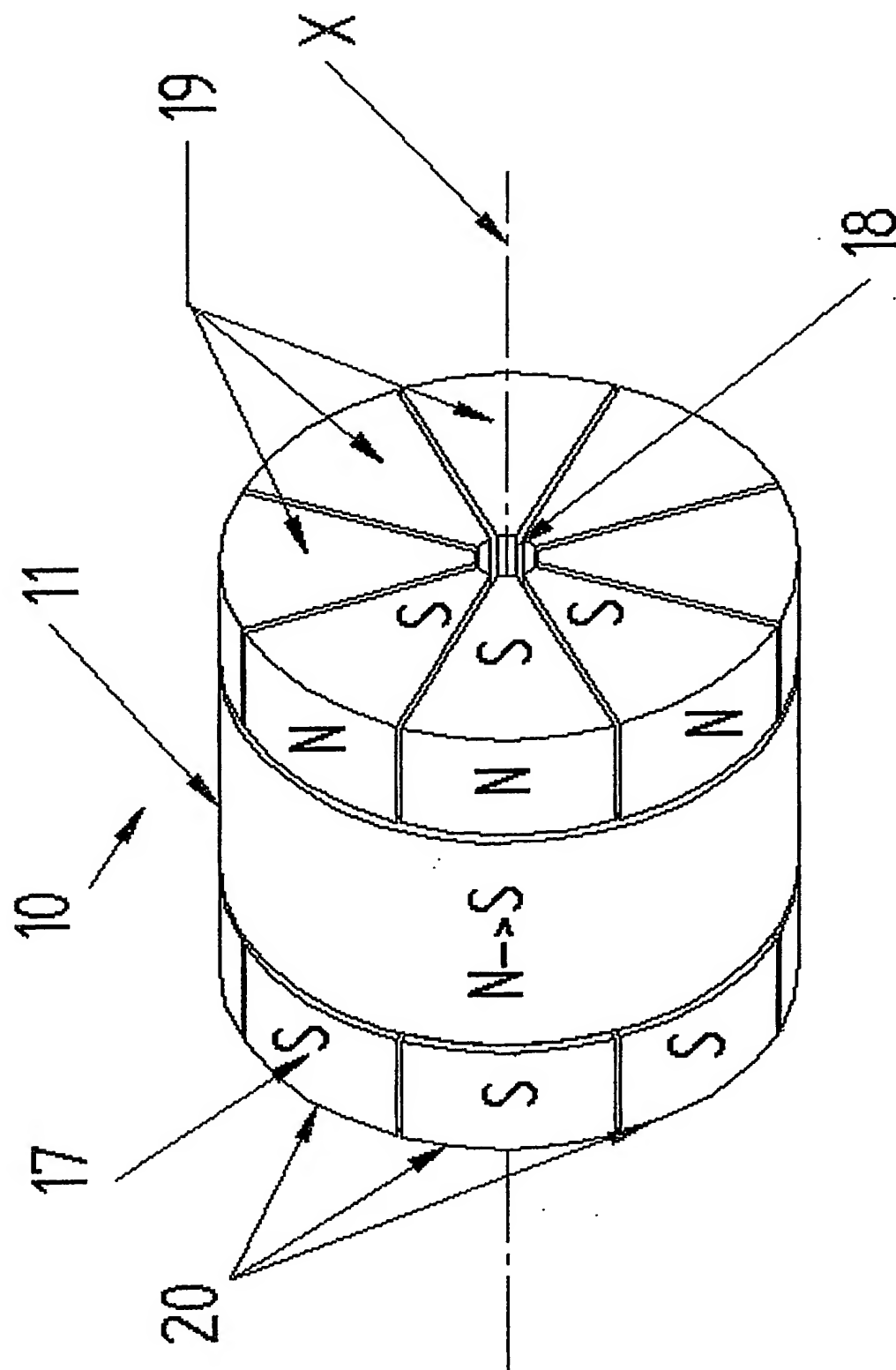


Fig 10

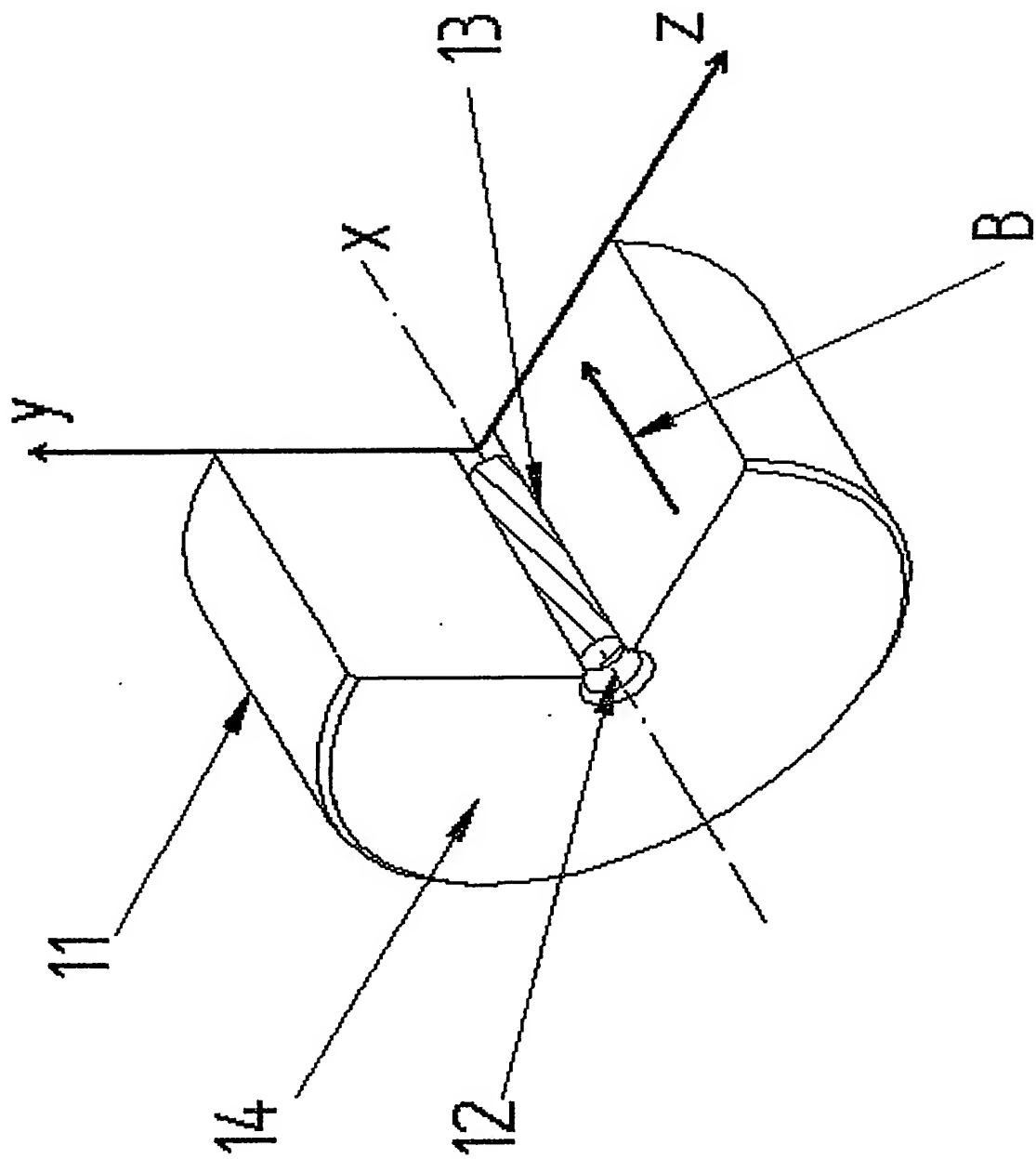


Fig 1b



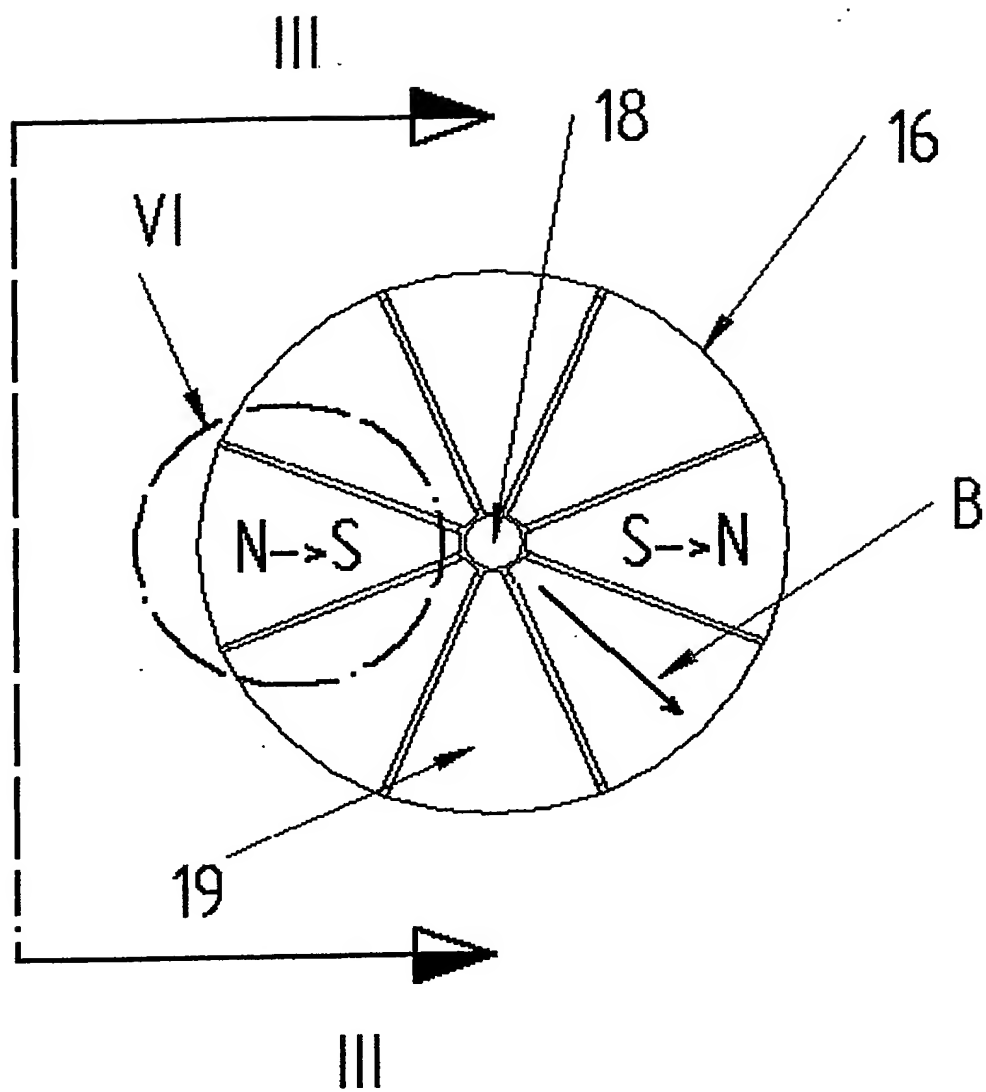
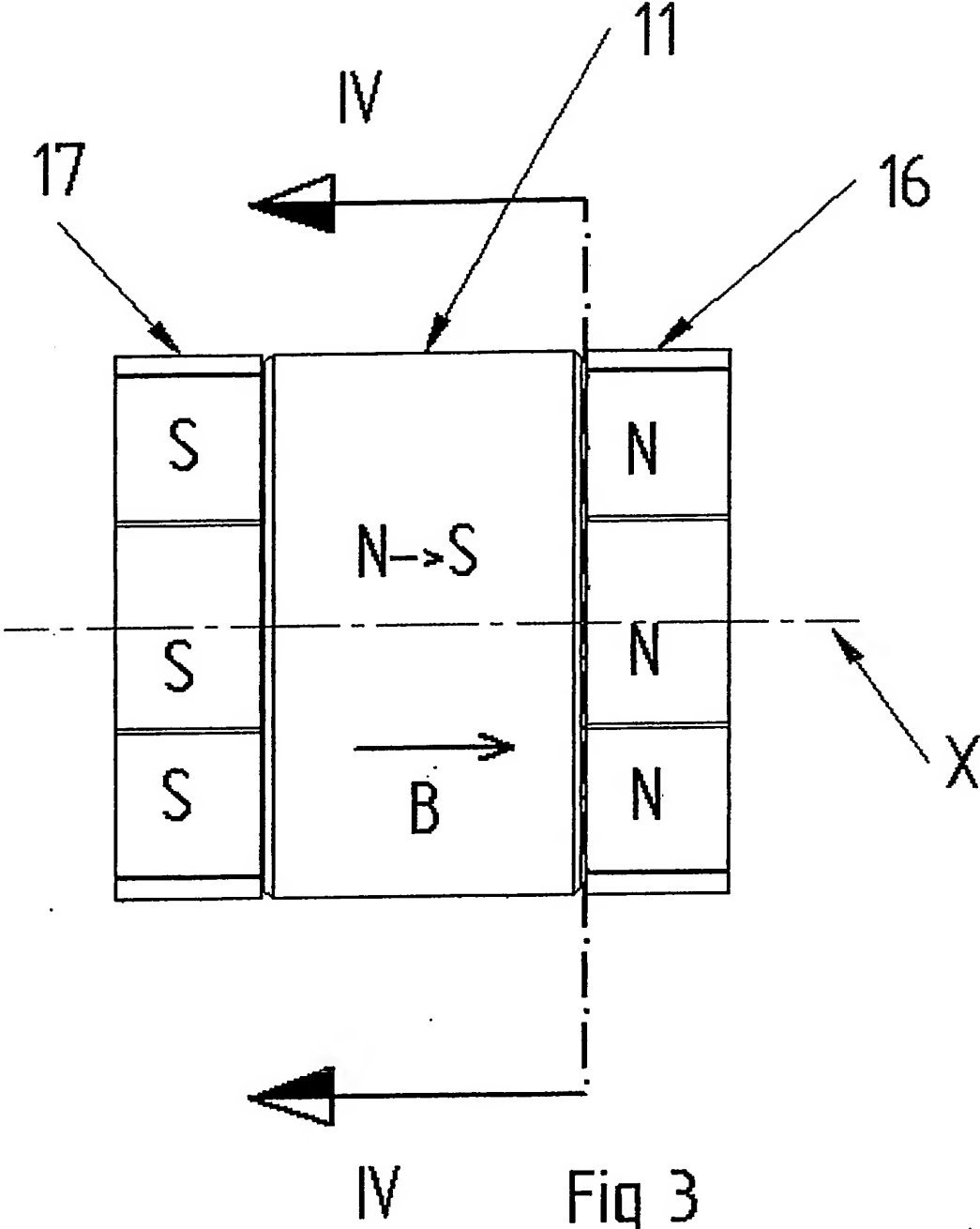


Fig 2



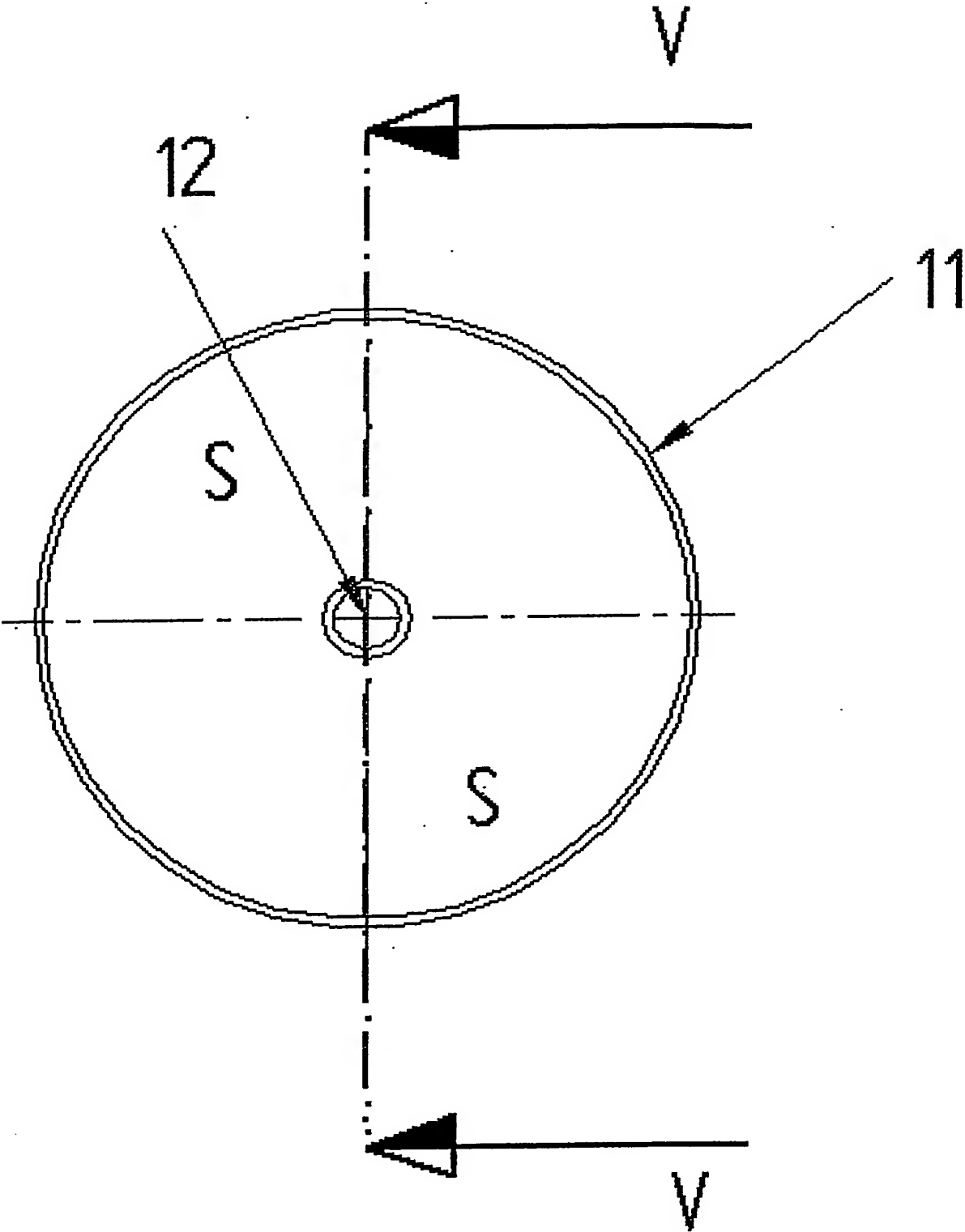


Fig 4

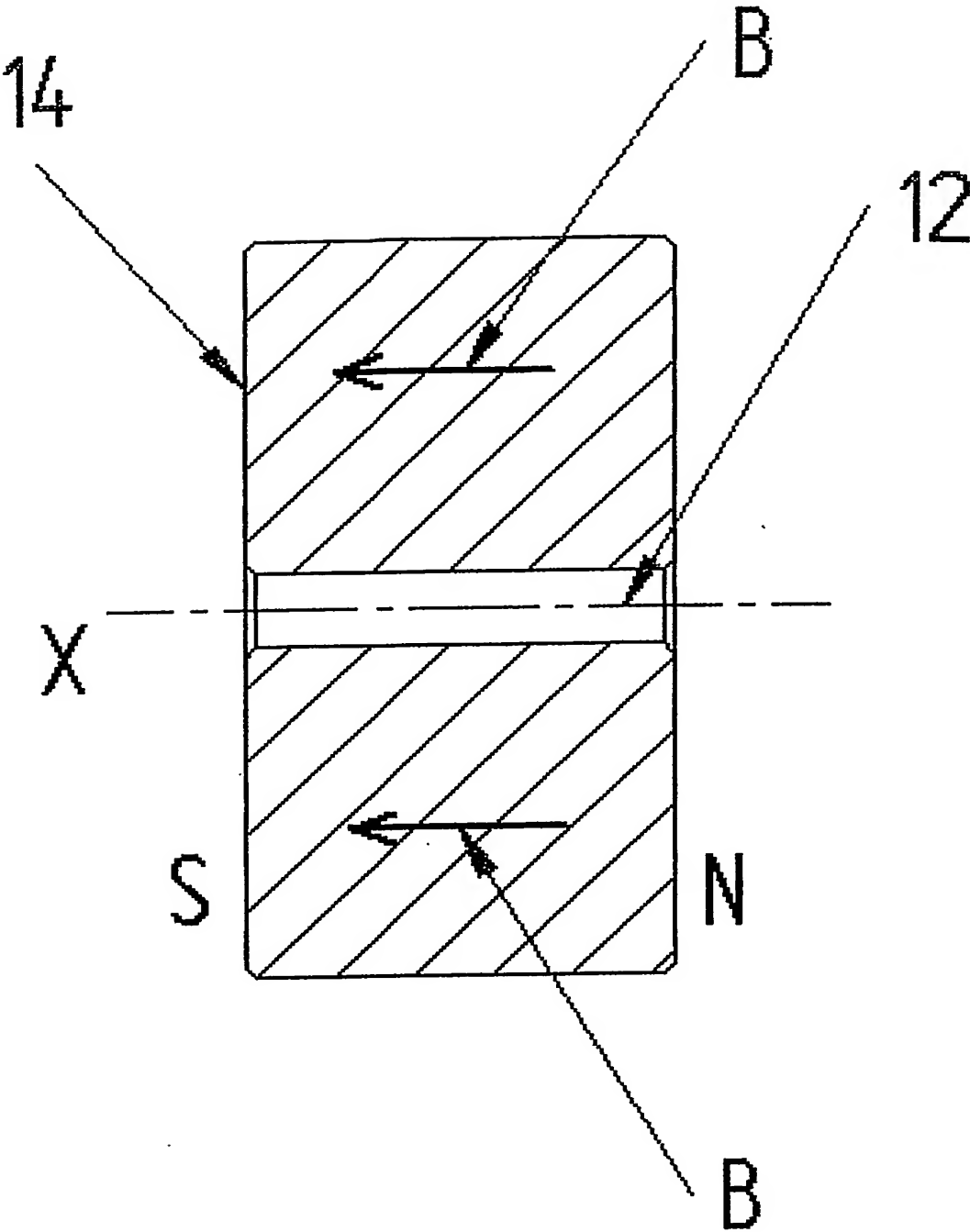


Fig 5

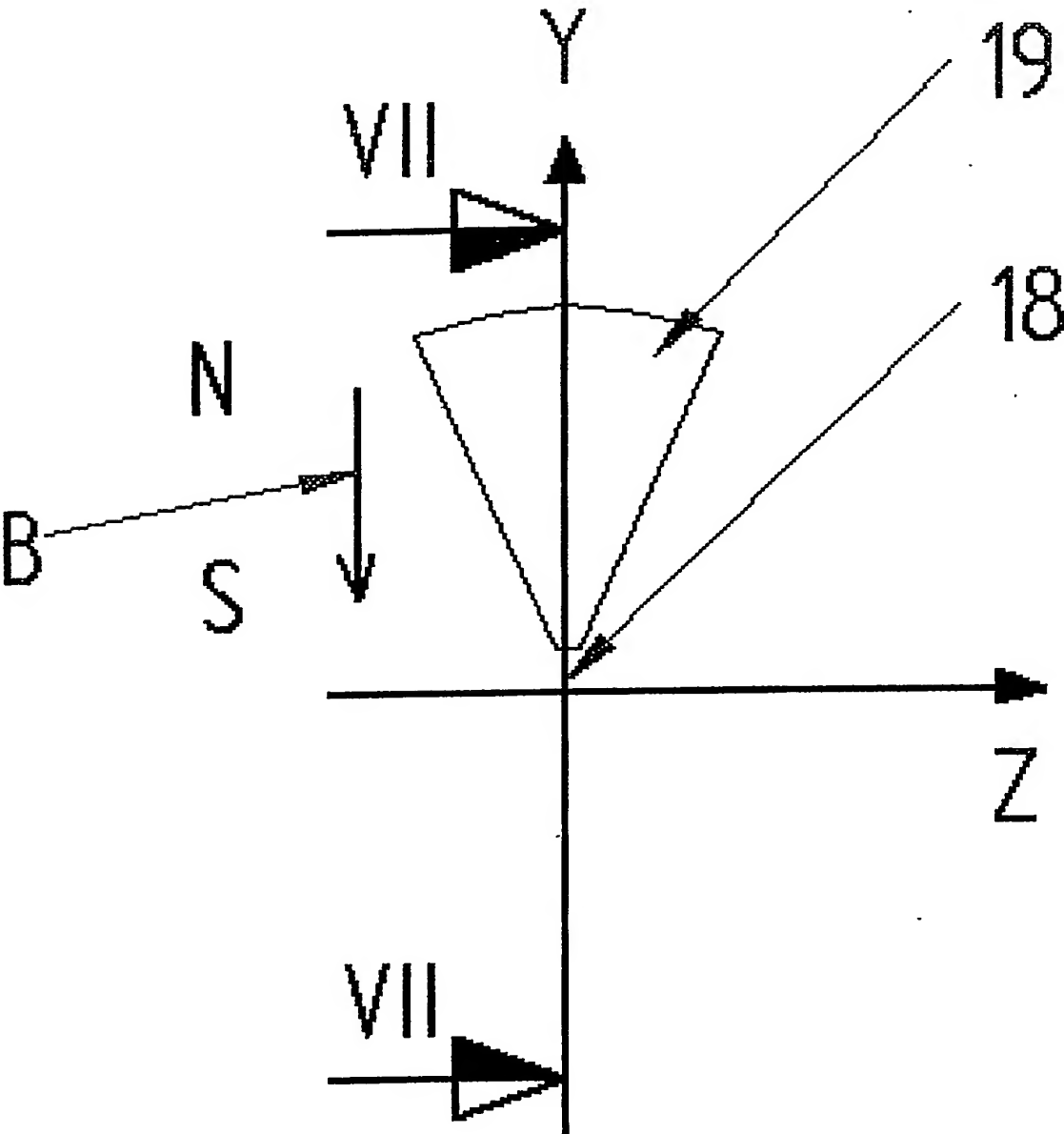


Fig 6

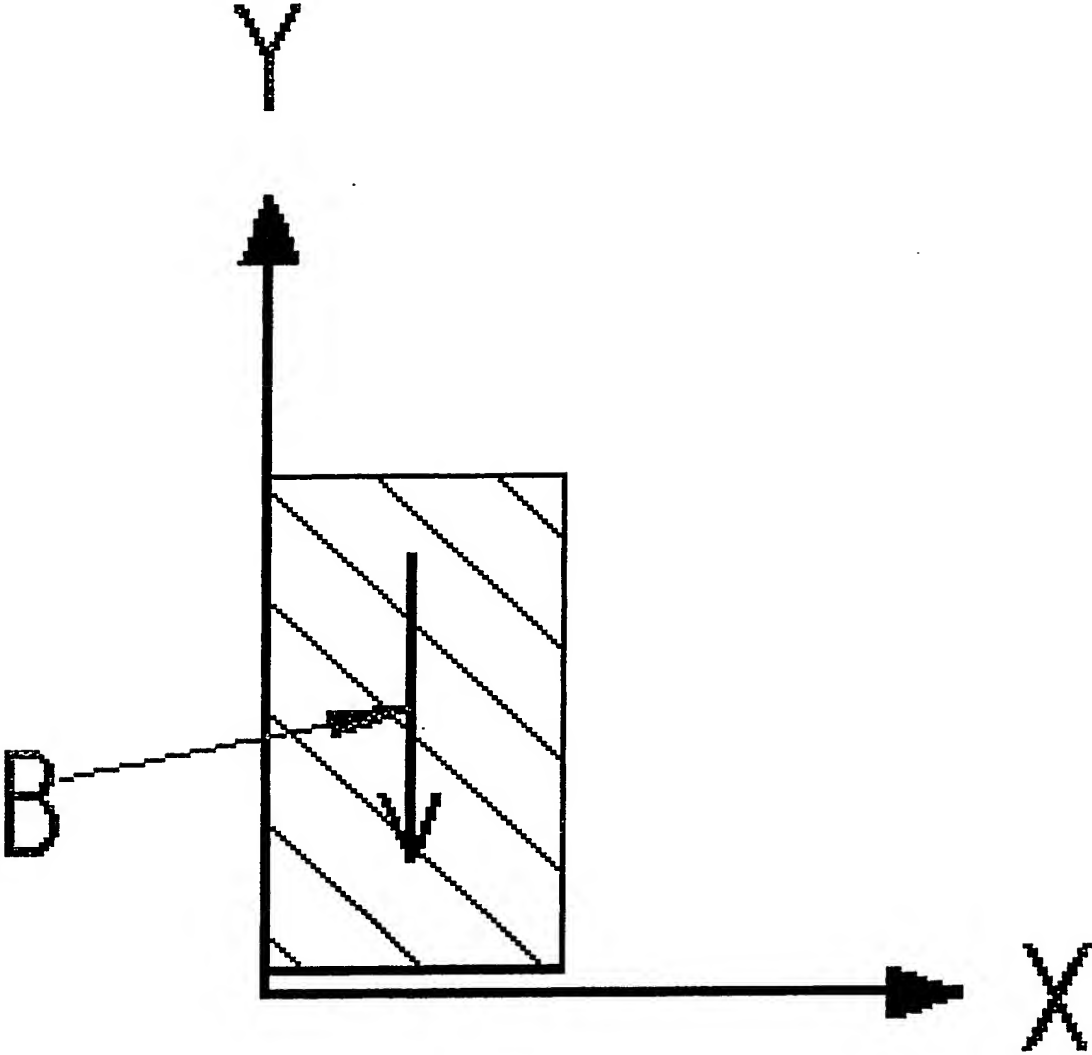


Fig 7a

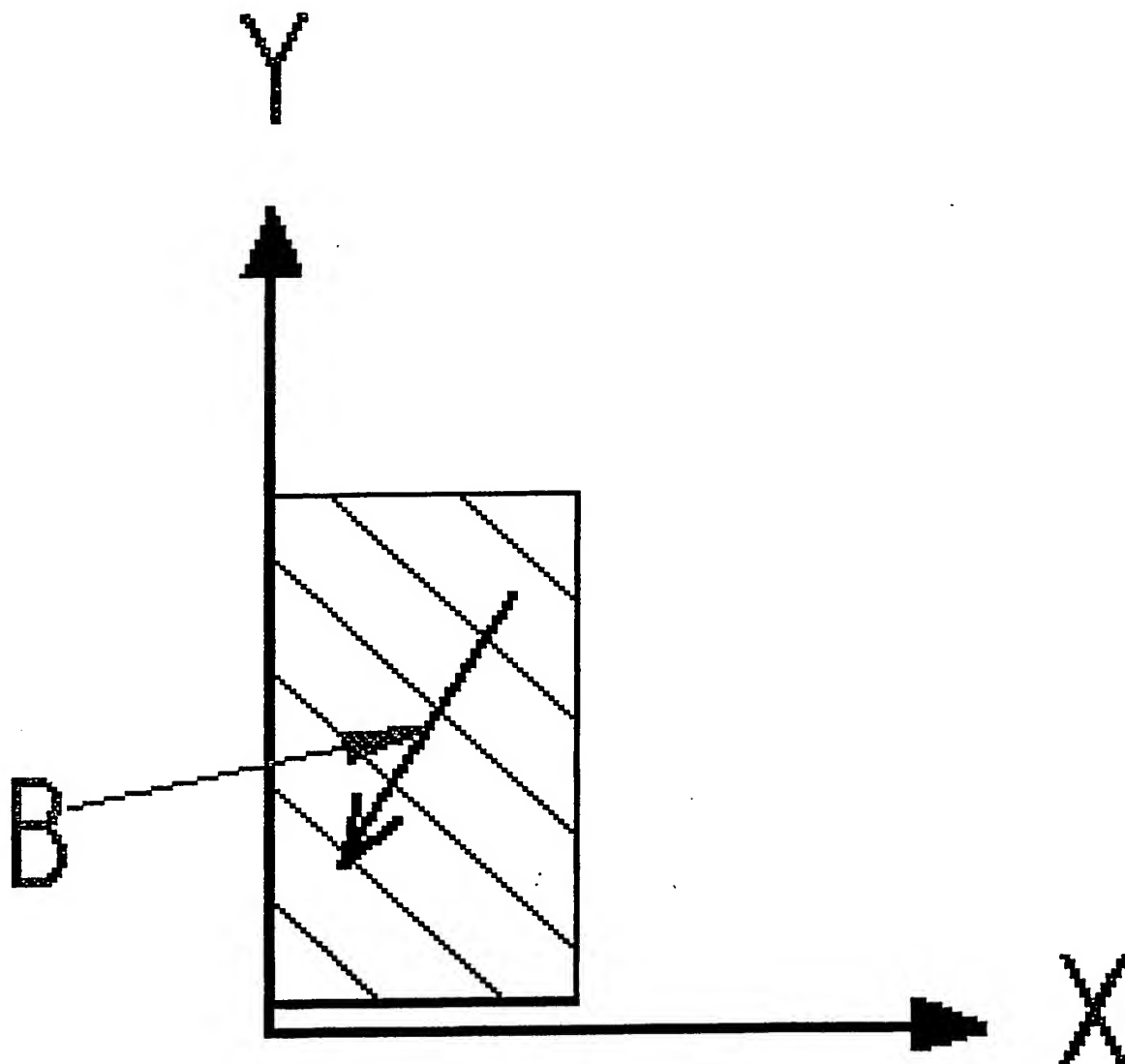


Fig 7b

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PC1/EP2004/004232

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02F1/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 115 340 A (TIDWELL STEVE C) 19 May 1992 (1992-05-19) abstract figures 3,4,6,8 column 3, line 29 - column 3, line 55 column 5, line 31 - column 5, line 58	1,5
Y		2-4
Y	US 3 781 592 A (HARROLD W) 25 December 1973 (1973-12-25) abstract figures 1,2,9 column 2, lines 2-5 column 6, line 4 - column 7, line 5	2-4
A		1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 July 2004

Date of mailing of the international search report

16/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kentischer, F



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/004232

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 528 415 A (GAUTHIER DANIEL J ET AL) 18 June 1996 (1996-06-18) cited in the application abstract figures 1,2a,2b,2c	1,2
A	US 5 715 080 A (SCERBAK DAVID G) 3 February 1998 (1998-02-03) abstract figures 3,22-24,27-32	1,2,5
A	US 5 428 335 A (LEUPOLD HERBERT A ET AL) 27 June 1995 (1995-06-27) abstract figures 2-6	2-4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/004232

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5115340	A	19-05-1992	NONE	
US 3781592	A	25-12-1973	NONE	
US 5528415	A	18-06-1996	DE 19541852 A1 JP 9068675 A	13-06-1996 11-03-1997
US 5715080	A	03-02-1998	NONE	
US 5428335	A	27-06-1995	US 5382936 A US 5428334 A	17-01-1995 27-06-1995

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationale Patentzeichen  
PCT/EP2004/004232

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G02F1/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 115 340 A (TIDWELL STEVE C) 19. Mai 1992 (1992-05-19) Zusammenfassung Abbildungen 3,4,6,8 Spalte 3, Zeile 29 - Spalte 3, Zeile 55 Spalte 5, Zeile 31 - Spalte 5, Zeile 58	1,5
Y	-----	2-4
Y	US 3 781 592 A (HARROLD W) 25. Dezember 1973 (1973-12-25) Zusammenfassung Abbildungen 1,2,9 Spalte 2, Zeilen 2-5 Spalte 6, Zeile 4 - Spalte 7, Zeile 5	2-4
A	----- -/--	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Juli 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/07/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kentischer, F

# INTERNATIONALER PATENTFORSCHUNGSBERICHT

Internationales Patentzeichen  
PCT/EP2004/004232

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 528 415 A (GAUTHIER DANIEL J ET AL) 18. Juni 1996 (1996-06-18) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Abbildungen 1,2a,2b,2c	1,2
A	US 5 715 080 A (SCERBAK DAVID G) 3. Februar 1998 (1998-02-03) Zusammenfassung Abbildungen 3,22-24,27-32	1,2,5
A	US 5 428 335 A (LEUPOLD HERBERT A ET AL) 27. Juni 1995 (1995-06-27) Zusammenfassung Abbildungen 2-6	2-4

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu dieser Patentfamilie gehören

Internationaler Anzeichen

PCT/EP2004/004232

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5115340	A	19-05-1992	KEINE		
US 3781592	A	25-12-1973	KEINE		
US 5528415	A	18-06-1996	DE	19541852 A1	13-06-1996
			JP	9068675 A	11-03-1997
US 5715080	A	03-02-1998	KEINE		
US 5428335	A	27-06-1995	US	5382936 A	17-01-1995
			US	5428334 A	27-06-1995